

CALAR ALTO: 50 AÑOS OBSERVANDO LOS CIELOS

El Centro Astronómico Hispano en Andalucía (CAHA), conocido popularmente como observatorio de Calar Alto, cumple 50 años siendo uno de los referentes de la comunidad astronómica internacional por su capacidad para atraer grandes proyectos observacionales basados en ciencia de primera línea.



Jesús Aceituno Castro
Centro Astronómico Hispano
en Andalucía (CAHA)
aceitun@caha.es

Ulrich Thiele
uthie@posteo.de

Gilles Bergond
Centro Astronómico Hispano
en Andalucía (CAHA)
gbergond@caha.es

Incluido en la lista de Instalaciones Científico Técnicas Singulares (ICTS) del estado español, basa su éxito mayormente en la calidad de sus telescopios y en su instrumentación puntera, que hacen posible la consecución de importantes resultados científicos. Además, su vocación divulgadora y educativa sitúa al observatorio cada vez más cercano al público interesado en los avances de la Astronomía. Este artículo propone un recorrido por las distintas etapas de la historia del observatorio, de la evolución de sus instalaciones, y de los principales proyectos científicos que han desarrollado.

El primer antecedente histórico de las campañas de observación en el entorno de la Sierra de los Filabres data del siglo XIX, y consistió en una campaña liderada por el general Ibáñez de Ibero en el pico de la Tetica de Bacares, con el propósito de establecer el primer enlace geodésico de Europa y África en 1879.

Casi 90 años después, en el año 1967 el prestigioso organismo germano de investigación *Max-Planck-Gesellschaft* (MPG) creó el Instituto de Astronomía (MPIA) en Heidelberg, con la idea de establecer un observatorio astronómico de nivel internacional en un lugar idóneo fuera de las fronteras de la República Federal de Alemania. Posteriormente, en el año 1968 la propia MPG comenzó una campaña de evaluación de la calidad del cielo en diferentes zonas de la costa mediterránea, incluyendo localizaciones en Italia, Turquía, España y Grecia. Los dos enclaves que mostraron condiciones más favorables fueron el Peloponeso, en Grecia, y la Sierra de los Filabres, en el sur de España. En el primero había más noches de buena calidad durante los meses de verano; y en el segundo el número de noches excelentes era mayor durante los meses de invierno. Finalmente se impuso el criterio de conseguir el mayor número de horas de observación posible, y se decidió que una ubicación en la Sierra de los Filabres a 2168 m de altitud, entre los municipios almerienses de Gérgal, Bacares y Serón, era la mejor opción para la instalación de un observatorio astronómico, que sería conocido a la postre como Observatorio de Calar Alto. En julio de 1972 los Gobiernos de España y de la República Federal de Alemania aprobaron la creación de un Centro Astronómico Hispano Alemán (CAHA) como entidad gestora del observatorio, que estaría “

Figura 1. Panorámica del observatorio.



destinado a la investigación pacífica del firmamento”, según decía el artículo 1 del convenio entre ambos países. Y un año después, en mayo de 1973, entró en vigor un acuerdo entre la Comisión Nacional de Astronomía y la MPG para la explotación científica del observatorio por un periodo de treinta años, y comenzaron las obras de construcción del mismo.

El primer telescopio del observatorio, de 1.23 m, comenzó a operar en el año 1975. Más tarde, en el año 1979 vio su primera luz el telescopio de 2.2 m, y se celebró la inauguración oficial del observatorio con la asistencia de SSMM los Reyes de España. En el año 1980 tuvo su segunda luz en Calar Alto el telescopio Schmidt, de 80 cm de apertura efectiva (el telescopio Schmidt tiene un espejo primario de 1.2 m de diámetro, pero su apertura efectiva se ve limitada por una lente correctora de 80 cm de diámetro), instalado originariamente en el observatorio de Hamburgo en 1954 y trasladado a Calar Alto en 1975. Y

ya en el año 1984 concluyeron las obras de construcción del telescopio de 3.5 m, aún hoy en día el más grande de la Europa continental. En los terrenos del observatorio se encuentra también un telescopio de 1.52 m perteneciente al Instituto Geográfico Nacional (IGN) y operado por el Observatorio Astronómico Nacional (OAN). La figura 1 muestra una panorámica del observatorio con la situación de los telescopios anteriormente mencionados.

El 12 de noviembre de 2004, se aprobó un nuevo acuerdo entre la MPG y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), con el beneplácito del Ministerio de Ciencia y Tecnología español, que estableció un nuevo marco de funcionamiento hasta el 31 de diciembre de 2013. Según este acuerdo, el CSIC actuaría en nombre de la comunidad astronómica española, y se creó la agrupación de interés económico CAHA-AIE para la dirección, gestión y operación del observatorio.

Más recientemente, el 18 de mayo de 2019, se materializó la transferencia de participación del MPG a la Junta de Andalucía, y desde entonces, el centro es cogestionado a partes iguales por el CSIC y la Junta de Andalucía. Esta nueva modificación estatutaria tuvo como consecuencia el cambio de nombre de la entidad gestora, pasando a llamarse Centro Astronómico Hispano en Andalucía, manteniendo las siglas CAHA. En la actualidad, el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC), centro distinguido con la acreditación Severo Ochoa, actúa como institución científica de referencia responsable de la estrategia científica y de los nuevos desarrollos del observatorio. Esto da lugar a una relación sinérgica, en la que el IAA-CSIC participa en varios desarrollos instrumentales para CAHA, y a su vez CAHA acoge varios instrumentos y experimentos (principalmente cámaras y detectores atmosféricos) dirigidos por investigadores del IAA-CSIC. Esta larga tradición de colaboración en nuevos desarrollos se remonta a 3 décadas, y convierte al IAA-CSIC en el aliado perfecto para CAHA.

Los telescopios de Calar Alto han contado desde sus inicios con una instrumentación puntera que ha permitido el desarrollo de proyectos en todas las áreas

de la Astronomía. Más de 30 instrumentos se han instalado en los diferentes telescopios de Calar Alto a lo largo de su historia: cámaras y espectrógrafos de diferentes resoluciones angulares y espectrales, trabajando a longitudes de onda visibles e infrarrojas. La tabla 1 muestra la lista completa de la instrumentación pasada y presente del observatorio.

Además de la instrumentación astronómica anteriormente mencionada, Calar Alto cuenta también con una colección de pequeñas instalaciones dedicadas a medir la calidad del cielo nocturno: cada noche se ponen en funcionamiento monitores de seeing, extinción, brillo del cielo y polvo, que proporcionan información sobre la calidad de la noche en tiempo real. Esto se complementa con una completa estación meteorológica, en funcionamiento desde 1998, que registra los valores de diferentes parámetros hasta dos veces por minuto (todos los datos atmosféricos y meteorológicos pueden ser consultados desde la página web de Calar Alto, y desde la aplicación Android MeteoCAHA).

Estas instalaciones, que funcionan cada noche en Calar Alto, han hecho posible realizar una caracterización completa del cielo, concluyendo que los

Figura 2. *Skyline* de CAHA.



valores promedio de algunos parámetros (seeing $\sim 0.85''$, extinción ~ 0.152 mag/AM, brillo del cielo en V ~ 21.43 mag/arcsec², entre otros) han permanecido estables durante la última década, lo que confirma la excelente calidad del cielo en Calar Alto.

Por su condición de ICTS, Calar Alto ofrece un mínimo del 20% del tiempo de observación de los telescopios de 2.2 m y 3.5 m para realizar propuestas seleccionadas en convocatorias competitivas que se anuncian de forma semestral a la comunidad española. Además, un número de noches que oscila entre 5 y 10 cada semestre se ofrece a propuestas seleccionadas en las convocatorias competitivas de la red europea OPTICON-Radionet PILOT (ORP). Pero el plato fuerte del reparto del tiempo de observación de los telescopios de 2.2 m y 3.5 m corresponde a grandes proyectos internacionales, que requieren una gran cantidad de noches de observación a lo largo de varios años. La tabla 2 muestra los diferentes proyectos de larga duración que se han venido desarrollando en el observatorio de Calar Alto en los últimos años. El desarrollo de este tipo de programas es posible gracias a la dedicación y experiencia de la plantilla de Calar Alto, que posibilitan la realización de observaciones en modo servicio con una

alta eficiencia que se traduce en un porcentaje de tiempo de observación perdido debido a problemas técnicos inferior al 3%.

El telescopio de 1.23 m no está incluido en la ICTS, y dedica parte de su tiempo a actividades educativas y divulgativas, incluyendo actividades de colaboración entre aficionados y profesionales, articuladas a través de la red Europlanet.

El telescopio Schmidt, tampoco incluido en la ICTS, está sujeto a un acuerdo con la Agencia Espacial Europea cuyo objetivo es el estudio de objetos cercanos a la Tierra (NEOs).

La evolución del tipo de proyectos que se han desarrollado en Calar Alto, se ha visto reflejada también en los hitos científicos obtenidos con sus telescopios. Desde los inicios de los años 80 Calar Alto ha contribuido, por mencionar algunos de sus trabajos más citados, al desarrollo de catálogos de Novas Galácticas, de Núcleos Galácticos Activos, y de estrellas O Galácticas; también al desarrollo de librerías estelares para calibrar el triplete del Calcio; al estudio de la morfología de galaxias tempranas masivas, de chorros en





Figura 3. Vista aérea del complejo.

estrellas jóvenes, de discos circunestelares, de estrellas T-Tauri y Wolf-Rayet; además de a los descubrimientos de nuevas enanas marrones jóvenes y de la existencia de galaxias extremadamente compactas. Pero quizás uno de los resultados con mayor impacto en los medios de comunicación fue la observación del impacto del cometa Shoemaker-Levy 9 contra Júpiter, en julio de 1994: las imágenes obtenidas desde Calar Alto fueron las primeras que se tomaron de este evento desde un observatorio terrestre.

La aprobación de las propuestas de observación de larga duración, sustentadas por grandes equipos

científicos internacionales, ha propiciado que una buena parte de los resultados científicos de calado estén asociados a ellas. Los primeros proyectos de este tipo desarrollados en Calar Alto, CADIS y ALHAMBRA, se centraron en el estudio de la evolución cósmica y de la detección de galaxias a alto desplazamiento al rojo. Posteriormente, gracias al proyecto de legado CALIFA, que se dedicó a observar más de 600 galaxias del Universo local se pudo confirmar que las galaxias se forman desde dentro hacia fuera. Más recientemente, el proyecto de legado CAVITY, dedicado a estudiar galaxias en vacíos, ha mostrado que estas galaxias evolucionan más despacio que en otros entornos más poblados. También de carác-

ter extragaláctico, el proyecto BHOLE está centrado en el estudio de la masa de los agujeros negros centrales de las galaxias. Y en el ámbito estelar y planetario destacan los proyectos de legado CARMENES Legacy+ y KOBE, cuyos objetivos principales son la búsqueda de exoplanetas alrededor de estrellas de tipo M y K respectivamente, utilizando el espectrógrafo de altísima resolución CARMENES. Gracias a este innovador instrumento se han descubierto ya más de 60 exoplanetas desde Calar Alto, lo que ha llevado al observatorio a las cotas de popularidad más altas de su historia reciente.

Entre las principales fortalezas del centro cabe destacar la alta productividad científica asociada a los datos de Calar Alto: en los últimos 20 años los datos obtenidos con los telescopios de Calar Alto han contribuido a más de 2000 publicaciones científicas de impacto, un promedio de más de 100 publicaciones anuales; de las que 122 corresponden a 2022, siendo el mejor registro de su serie histórica.

Los nuevos retos de la Astrofísica conllevan la necesidad de crear nuevos desarrollos tecnológicos que proporcionen respuestas a las preguntas que continuamente se plantean en la comunidad científica, y Calar Alto no es ajeno a ello. Por este motivo, el observatorio está inmerso en dos proyectos instrumentales que recientemente han iniciado su andadura: por un lado el espectrógrafo de campo integral TARSIS (*Tetra-ARmed Super-lfu Spectrograph*) para el telescopio de 3.5 m, ya descrito en un número anterior de este boletín, y cuyos puntos fuertes son su gran campo de visión (aproximadamente 9 veces más amplio que el de su predecesor en Calar Alto PMAS/PPAK), y su capacidad para observar a longitudes de onda en el ultravioleta cercano; y por otro lado, el proyecto MARCOT (*Multi-Array of Combined Telescopes*), una infraestructura astronómica modular, para espectroscopía de alta resolución e imagen de gran campo con gran rango dinámico y con resolución espacial por debajo de un segundo de arco. El objetivo principal de este original proyecto es el diseño conceptual y el desarrollo de un plan para la construcción de un telescopio de gran apertura efectiva a bajo coste utilizando telescopios de pequeña apertura (~40 cm).

El papel cada vez más presente de la ciencia entre la sociedad motiva también parte de la acti-

vidad de Calar Alto. Con el fin de dar a conocer sus instalaciones entre el gran público, y en virtud de un acuerdo con la compañía Azimuth, el observatorio abre sus puertas de forma regular a visitas guiadas (incluyendo visitas de carácter inclusivo con ONCE, Downgranada y el proyecto AMANAR), y a sesiones de observación en las que se utilizan tanto pequeños telescopios aficionados como también el telescopio de 1.23 m. No en vano, este último es el mayor telescopio en el continente europeo que ofrece la posibilidad de observar a través de un ocular, lo que ejerce una gran fascinación entre el público que tiene la oportunidad de disfrutarlo.

Además, Calar Alto muestra un compromiso con el fomento de la cantera de nuevas vocaciones en el campo de la Astronomía: así, estudiantes de diferentes universidades europeas disfrutaban cada año de la oportunidad de poder realizar sus prácticas observando en las mismas condiciones que sus colegas profesionales, utilizando los telescopios de 2.2 m y 1.23 m.

No podemos dejar de mencionar la decidida apuesta de Calar Alto por una Astronomía sostenible y respetuosa con el medio ambiente. Entre los años 2018 y 2022 se desarrolló un proyecto denominado "Isla energética" (financiado con fondos FEDER), con el objetivo principal de minimizar en la medida de lo posible la huella de carbono del observatorio. Este esfuerzo se materializó en la adquisición de varios coches eléctricos, y en la instalación de una caldera de biomasa y de un parque fotovoltaico, que han satisfecho los objetivos previstos al inicio del proyecto.

Finalizamos este recorrido por la historia del observatorio resaltando que en 50 años Calar Alto ha pasado de ser un cerro frecuentado por pastores, a albergar el mayor complejo observacional de Astronomía en el rango visible e infrarrojo cercano de la Europa continental, atrayendo talento y desarrollo sostenible a la provincia de Almería. Asegurar que seguirá siendo así requerirá el impulso de la población local y de sus representantes a una ley de protección del cielo efectiva, que mediante una regulación más racional y razonable de la iluminación nocturna permita que el cielo de Calar Alto siga siendo una fuente de descubrimientos astronómicos de primera línea durante los próximos 50 años.

Instrumento	Telescopio/foco	Inicio	Fin	Modo	Rango
Cámara fotográfica Zeiss	1.23 m Cassegrain	1976	1980	Imagen	Visible
Espectrógrafo Nasmyth	1.23 m Nasmyth	1976	1986	Espectroscopía	Vis.
Tubo transformador de imágenes	1.23 m Cass.	1976	1980	Ima.	IR
Fotómetro UBVRI	1.23 m/2.2 m Cass.	1977	1995	Fotometría	Vis.
Espectrógrafo Coudé	2.2 m Coudé	1979	1995	Espec.	Vis
Cámara foto. Zeiss	2.2 m Cass.	1979	1984	Ima.	Vis.
Fotómetro UBVRI/Polarímetro	1.23 m/2.2 m Cass.	1979	1995	Fotom./Polarimetría	Vis.
Espectrógrafo Cassegrain	2.2 m Cass.	1979	2000	Espec.	Vis.
Cámara foto. Schmidt	Schmidt	1980	2000	Ima.	Vis.
Polarímetro IR	1.23 m/2.2 m Cass.	1982	1995	Polar.	IR
Interf. Speckle IR	1.23 m/2.2 m Cass.	1983	1995	Interferometría	IR
Cámara foto. Zeiss	3.5 m Cass.	1984	1986	Ima.	Vis.
Cámara foto. Zeiss	3.5 m Primario	1984	1991	Ima.	Vis.
Espectrógrafo Cassegrain	3.5 m Cass.	1986	1989	Espec.	Vis.
TWIN	3.5 m Cass	1988	2015	Espec.	Vis.
Cámara CCD	1.23 m/2.2 m Cass.	1990	2012	Ima.	Vis.
Cámara IR	3.5 m Cass.	1990	1992	Ima.	IR
Blue/Black MAGIC	1.23 m/2.2 m/3.5 m Cass.	1993	2005	Ima.	IR
OMEGA prime	3.5 m Prim.	1996	2003	Ima.	IR
MOSCA	3.5 m Cass.	1996	2015	Ima./Espec.	Vis.
ALFA	3.5 m Cass.	1996	2007	Óptica Adaptativa	
CAFOS	2.2 m Cass.	1997	-	Ima./Espec./Polar.	Vis.
OMEGA Cass	3.5 m Cass.	1998	2008	Ima/Espec.	IR
BUSCA	2.2 m Cass.	1998	2023	Ima.	Vis.
FOCES	2.2 m Cass.	1998	2009	Espec.	Vis.
LAICA	3.5 m Prim.	2001	2018	Ima.	Vis.
PMAS	3.5 m Cass.	2002	-	Espec.	Vis.
OMEGA2000	3.5 m Prim.	2003	-	Ima.	IR
AstraLux	2.2 m Cass.	2006	-	Ima.	Vis.
PANIC	2.2 m Cass.	2011	-	Ima.	IR
CAFÉ	2.2 m Cass.	2011	-	Espec.	Vis.
Cámara CCD DLR	1.23 m Cass.	2013	-	Ima.	Vis.
Cámara CCD	Schmidt	2015	-	Ima.	Vis.
CARMENES	3.5 m Cass	2016	-	Espec.	Vis./IR
Cámara CCD DLR	1.23 m Cass.	2023	-	Ima.	Vis.
Cámara CMOS	1.23 m Cass.	2023	-	Ima.	Vis.

Tabla 1 (página de la izquierda): Listado de los instrumentos que se han instalado en los telescopios de Calar Alto desde sus inicios hasta la actualidad: (1) Nombre o denominación del instrumento; (2) Telescopio/foco en el que se instaló; (3) Año de inicio; (4) Año de fin; (5) Modo de observación; (6) Rango de funcionamiento.

Tabla 2 (abajo): Lista de programas de larga duración desarrollados en los telescopios de Calar Alto: (1) Nombre; (2) Año de inicio; (3) Año de fin; (4) Telescopio e instrumento(s) utilizado(s).

Proyecto	Inicio	Fin	Instrumento/Telescopio
CADIS (Calar Alto Deep Imaging Survey)	1995	2000	CAFOS/2.2 m MOSCA/3.5 m OMEGA Prime/3.5 m
ALHAMBRA (Advanced Large, Homogeneous Area Medium Band Redshift Astronomical Survey)	2004	2011	LAICA/3.5 m OMEGA2000/3.5 m
CALIFA (Calar Alto Integral Field Area survey)	2010	2015	PMAS/3.5 m
BHOLE (Black hole – HOst Lifecycle Evolution)	2017	-	CAFOS/2.2 m
CARMENES Legacy+ ^(*) (Calar Alto high-Resolution search for M-dwarfs with Exoearths with Near-infrared and optical Echelle Spectrographs)	2021	-	CARMENES/3.5 m
KOBE (K-dwarfs Orbiting Habitable Exoplanets)	2021	-	CARMENES/3.5 m
CAVITY (Calar Alto Void Integral-field Treasury survey)	2021	-	PMAS/3.5 m

(*) Entre los años 2016 y 2020, se llevó a cabo la explotación del tiempo garantizado del proyecto CARMENES; y fue en 2021 cuando comenzó el proyecto de legado CARMENES Legacy+.